

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 2953 109 C 2

⑤ Int. Cl. 4:
H04N 1/41

- ② Deutsches Aktenzeichen: P 29 53 109.7-31
⑥ PCT Aktenzeichen: PCT/US79/00693
⑦ PCT Veröffentlichungs-Nr.: WO 80/00645
⑧ PCT Anmeldetag: 6. 9. 79
⑨ PCT Veröffentlichungstag: 3. 4. 80
④ Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: 18. 12. 80
⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 31. 3. 88

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③ Unionspriorität: ③② ③③ ③①

19.09.78 US 943734

⑦③ Patentinhaber:

AT & T Technologies, Inc., New York, N.Y., US

⑦④ Vertreter:

Blumbach, P., Dipl.-Ing., 6200 Wiesbaden; Weser,
W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Kramer, R., Dipl.-Ing.,
8000 München; Zwirner, G., Dipl.-Ing.
Dipl.-Wirtsch.-Ing., 6200 Wiesbaden; Hoffmann, E.,
Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦② Erfinder:

Young, Chai, Holmdel, N.J., US; Sautter, Helmuth
Otto; Sherbon, Wallace Edward, Middletown, N.J.,
US

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-AS 12 68 657
US 41 03 287
US 32 94 896

FRANK, A.J.: High Fidelity Encoding of Two-Level
High-Resolution Images, in IEEE International
Conference on Communication, 11. Juni 1973;

⑤④ Digitalcodierer zur Faksimile-Übertragung

DE 2953 109 C 2

DE 2953 109 C 2

FIG. 1

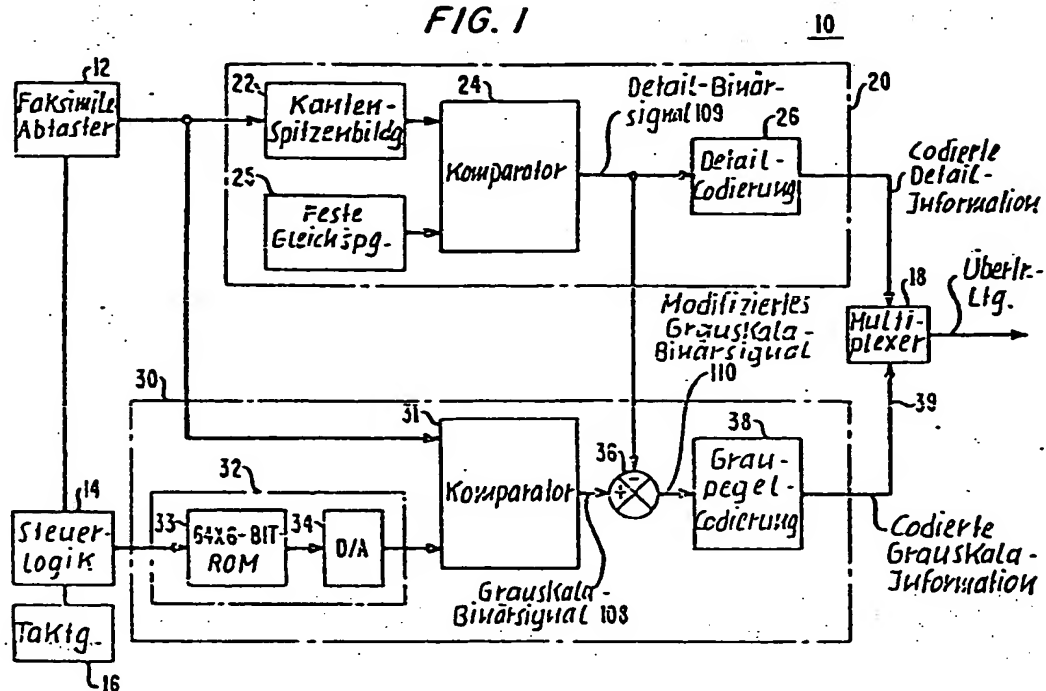
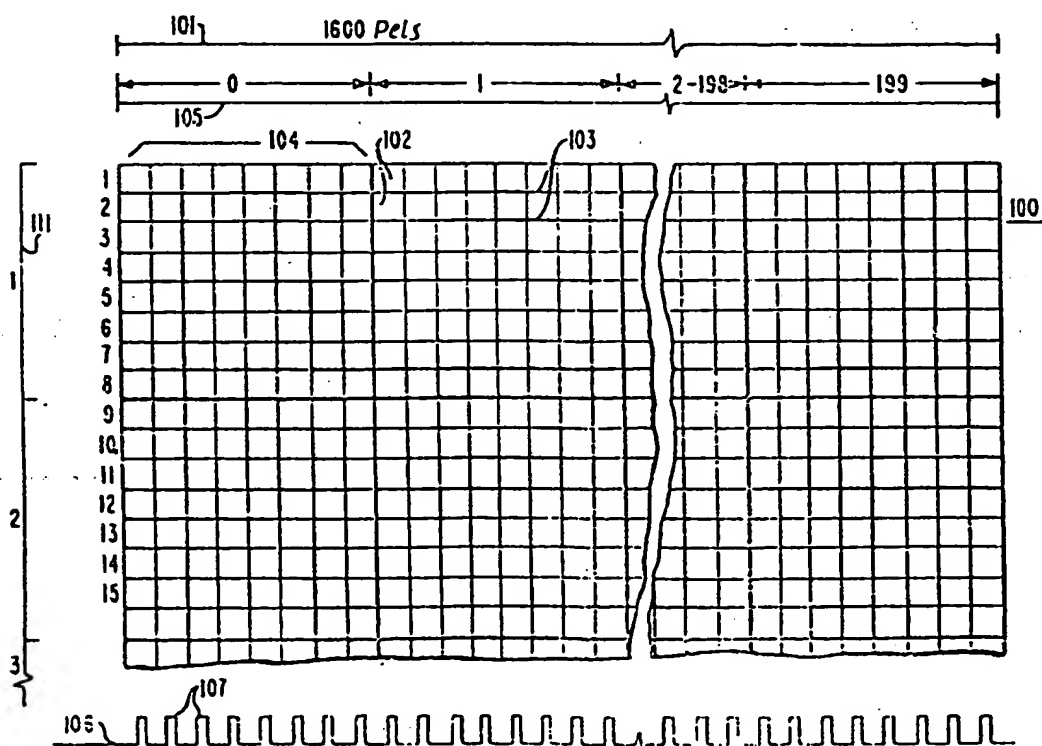


FIG. 2



Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Digitalcodierung von Lichtintensitätsinformationen eines Bildes mit einer Einrichtung (12) zur Abtastung diskreter Bereiche (Bildelemente) des Bildes zur Erzeugung elektrischer Eingangssignale, die die Lichtintensität jedes Bildelementes angeben, mit einer ersten Einrichtung (24) zum Vergleichen der Eingangssignale mit einem vorgegebenen, positionsunabhängigen Schwellenwertsignal zur Erzeugung eines Detail-Binärsignals (109) von schwarzen und weißen Bildelementen, gekennzeichnet durch eine zweite Einrichtung (31) zum Vergleichen der Eingangssignale mit vorgegebenen, positionsabhängigen Bezugsschwellensignalen von einer Matrix von Abtastpunkten zur Erzeugung eines Grauskala-Binärsignals (108), wobei jeder der Abtastpunkte einem bestimmten Bildelement jedes von einer Vielzahl von Bildelementblöcken (104) entspricht, und eine Einrichtung (42) zum Zählen der Anzahl (N) von schwarzen Bildelementen in den Grauskala-Binärsignalen für jeden Block zur Erzeugung eines Code, der die Graustufeninformation für jeden Bildelementblock annähert.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (36) zum Subtrahieren des Detail-Binärsignals (109) von dem Grauskala-Binärsignal (108) zur Modifizierung des Grauskala-Binärsignals vor dessen Zählung.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die positionsabhängigen Bezugsschwellensignale mittels einer geordneten Zittermatrix erzeugt werden.

4. Faksimile-Empfänger zur Verwendung in Kombination mit einer Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Empfangseinrichtung (61) für das Detail-Binärsignal und die Graustufencodierungen sowie eine Einrichtung (68, 168) zur Rekonstruktion eines Graustufenwertes für jedes Bildelement (102) aus den Graustufencodierungen für die Blöcke (104) von Bildelementen.

5. Empfänger nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Rekonstruktion der Graustufencodierungen eine Einrichtung (70) zur Interpolierung des Graustufencode eines Blocks, der ein bestimmtes Bildelement enthält, mit dem Graustufencode eines vorgewählten, benachbarten Blocks zur Erzeugung des rekonstruierten Graustufenwertes des bestimmten Bildelementes und damit Reduzierung plötzlicher Tonwertänderungen zwischen den Blöcken aufweist.

6. Empfänger nach Anspruch 4 zur Rekonstruktion des Graustufenwertes eines augenblicklichen Bildelementes einer augenblicklichen Zeile in einer Anlage, in der die Bildelemente Zeile für Zeile rekonstruiert werden, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zur Speicherung der Graustufenwerte des vorhergehenden Bildelementes der gleichen Zeile, des dem vorhergehenden Bildelement entsprechenden Bildelementes der vorhergehenden Zeile und des dem augenblicklichen Bildelement entsprechenden Bildelementes der vorhergehenden Zeile und durch eine Einrichtung (168) zur Feststellung des Mittelwertes der gespeicherten Graustufenwerte zuzüglich der Graustufenwerte des Blocks, der das augenblickliche Bildelement enthält, wobei der Mit-

telwert der zur Rekonstruktion des augenblicklichen Bildelementes benutzte Wert ist.

7. Empfänger nach Anspruch 4 zur Rekonstruktion des Graustufenwertes eines augenblicklichen Bildelementes einer Spalte in einer Anlage, bei der die rekonstruierten Bildelemente in zueinander ausgerichteten Blöcken angeordnet sind, die je x Spalten mit y Bildelementen und y Zeilen mit x Bildelementen enthalten, gekennzeichnet durch folgende Bauteile:

eine Einrichtung zur Speicherung des Graustufenwertes der Spalte im benachbarten Block, der vertikal zum augenblicklichen Block ausgerichtet ist, wobei die Spalte des benachbarten Blocks zur augenblicklichen Spalte ausgerichtet ist, eine Einrichtung (73) zur Erzeugung einer Horizontaldifferenz zwischen dem Graustufenwert des augenblicklichen Blocks und dem Graustufenwert des links benachbarten Blocks, eine Einrichtung (74) zum Multiplizieren der Horizontaldifferenz mit einem vorgegebenen Vielfachen von $1/x$ zur Erzeugung eines inkrementellen Horizontalwertes für die augenblickliche Spalte, die das augenblickliche Bildelement enthält, eine Einrichtung (75) zum Addieren des inkrementellen Horizontalwertes zum Graustufenwert des links benachbarten Blocks zur Erzeugung eines horizontal abgestuften Graustufenwertes für die augenblickliche Spalte, eine Einrichtung (82) zur Erzeugung einer Vertikaldifferenz zwischen dem horizontal abgestuften Graustufenwert für die augenblickliche Spalte und dem horizontal abgestuften Graustufenwert der entsprechenden, vertikal ausgerichteten Spalte, eine Einrichtung (83) zum Multiplizieren der Vertikaldifferenz mit einem vorgegebenen Vielfachen von $1/y$ zur Erzeugung eines inkrementellen Vertikalwertes für das augenblickliche Bildelement, und eine Einrichtung (84) zum Addieren des inkrementellen Vertikalwertes zum horizontal abgestuften Graustufenwert der entsprechenden Spalte des vertikal ausgerichteten Blocks zur Erzeugung des Graustufenwertes für das augenblickliche Bildelement.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Digitalcodierung von Lichtintensitätsinformationen eines Bildes entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie einen Faksimile-Empfänger zur Verwendung in Kombination mit einer solchen Schaltungsanordnung.

Die Faksimile-Übertragung ist ein aufwendiger Vorgang. Jedes Bild weist eine sehr große Menge optischer Informationen auf. Bei den konventionellen Faksimile-Übertragungsanlagen werden die Bilder in typischer Weise in eine Matrix von Bildelementen (Pels von Picture Elements) von genügender Kleinheit unterteilt, derart, daß bei Abtastung jedes Bildelementes mit nur einem Lichtintensitätspegel sich eine brauchbare Kopie ergibt. Es geht zwar ein großer Teil der optischen Informationen verloren, aber aufgrund der Eigenschaften des menschlichen Wahrnehmungsvermögens läßt sich dennoch eine brauchbare Kopie erzeugen. Selbst bei dieser Menge optischer Informationen ist eine Faksimile-Übertragung in der Vergangenheit wirtschaftlich nicht zweckmäßig gewesen, und zwar aufgrund der Übertragungs- und Ausrüstungskosten sowie der für die Über-

tragung erforderlichen langen Zeiträume. Üblicherweise ergibt sich eine bessere Bildqualität, wenn mehr Informationen übertragen werden. Dann ist jedoch eine längere Übertragungszeit erforderlich.

In Verbindung mit dem Abtasten eines Bildes in Form einer Matrix von Bildelementen sind viele Kompressionsverfahren verwendet worden, um die Menge der übertragenen optischen Informationen weiter zu reduzieren und trotzdem optisch brauchbare Kopien zu erzeugen. Bei gewissen Verfahren sind die Bildinformationen auf rein weiße oder schwarze Bildelemente reduziert worden. Das führt zu einer Übertragungsrate mit einem einzigen Bit je Bildelement (Bit/Pel).

Wenn die Bilder nur zwei Töne besitzen, d. h. schwarze Schrift auf einem weißen Papierblatt, sind Kompressionsverfahren entwickelt worden, die eine Übertragungsrate von wesentlich kleiner als ein Bit je Bildelement erfordern. Dies beruht auf dem großen Prozentsatz von weißem Hintergrund, der ziemlich regelmäßigen Gruppierung schwarzer Bildelemente und der Tatsache, daß nur zwei Farbtöne von Bedeutung sind.

Bei der Reproduktion von Bildern mit kontinuierlicher Tönung oder Grauskalabildern, beispielsweise fotografischen Bildern mit Bildelementen, die viele unterschiedliche Lichtintensitätsstufen besitzen, sind jedoch beträchtliche optische Informationen, die weder weiß noch schwarz sind, von gewisser Bedeutung.

Zwei Digitalverfahren für Bilder mit kontinuierlichem Ton sind entwickelt worden, die zu einer Übertragungsrate von einem Bit je Bildelement führen. Bei diesen beiden Verfahren werden reduzierte optische Informationen übertragen, wobei sich trotzdem eine annehmbare und angenäherte Reproduktion des Originalbildes ergibt. Bei diesen beiden Verfahren werden alle Bildelemente in Form von Schwarz- oder Weißsignalen codiert. Die oben erwähnten Kompressionsverfahren für Zweitontbilder können jedoch die Bitraten bei dem betrachteten Verfahren nicht wesentlich verringern, und zwar wegen der in größerem Maße zufälligen Verteilung der erzeugten schwarzen und weißen Bildelemente.

Eines der bekannten Verfahren zur Codierung von Bildern mit kontinuierlichen Tönen ist das "Zitterverfahren", bei dem elektrische Eingangssignale als schwarze oder weiße Bildelemente übertragen werden, nachdem sie mit entsprechenden positionsabhängigen Schwellenwerten einer zweidimensionalen, geordneten Zittermatrix von Abtastpunkten verglichen worden sind, denen unterschiedliche, getrennten Lichtintensitäten entsprechende Spannungswerte zugeordnet sind. Die Eingangssignale, die die entsprechenden Zitter-Schwellenwerte übersteigen, werden als schwarze Bildelemente übertragen, während die anderen Signale als weiße Bildelemente übertragen werden, so daß sich eine Übertragungsrate von einem Bit je Bildelement ergibt. Eine gewisse zusätzliche Reduzierung wurde mit Hilfe von Nachschlagetabellen durch eine Annäherung und Gruppierung ähnlicher Bildelementgruppen zwecks Aussendung von Codierungen erreicht. Dabei ergeben sich Schwierigkeiten, weil ein beträchtlicher Speicherraum für Bezugsdaten zum Zwecke des Vergleichs erforderlich ist.

Das andere Verfahren zur Codierung von Grauskala-Informationen, das von Young in der US-PS 32 94 896 beschrieben wird, beruht auf der Beobachtung, daß bei einem typischen Bild die feinen oder Schwarz-Weiß-Einzelheiten, die die Konturen oder Linien bilden, wichtiger sind als die grauen oder abgeschatteten Bereiche.

Demgemäß können die Grauinformationen bei wesentlich verringerter Genauigkeit hinsichtlich der Lage und Ausdehnung gegenüber den für die Einzelheiten erforderlichen Werten übertragen werden.

Entsprechend der genannten US-PS werden die elektrischen Eingangssignale eines Bildes mit unterschiedlichen Weiß- und Schwarz-Schwellenwerten verglichen, wobei zwischen den beiden Schwellenwerten ein Bereich liegt. Signale innerhalb dieses Bereiches, die Graufelder des Bildes darstellen, werden mit einem Schwellenwert verglichen, dessen Höhe sich innerhalb des Bereiches periodisch ändert, so daß die Graufeldsignale als Folge von schwarzen und weißen Bildelementen übertragen werden. Demgemäß wird die gesamte Bildinformation mit einer Rate von einem einzelnen Bit (schwarz oder weiß) je Bildelement übertragen.

Bekannt sind auch Verfahren zur Umfeldabtastung (DE-AS 12 68 657), bei denen das Abtastsignal in ein scharfes und ein unscharfes Signal verzweigt wird. Zur Schärfesteigerung wird das Umfeldsignal vom scharfen Bildsignal subtrahiert und das Differenzsignal zum scharfen Bildsignal addiert.

Ausgehend vom Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine größere Bandbreitenkompression von Bildern mit kontinuierlichen Tönen als bei den oben beschriebenen, bekannten Verfahren zu erreichen, damit solche Bilder auf wirtschaftliche Weise über herkömmliche Fernsprecheinrichtungen zum Zweck der Speicherung oder Bildreproduktion übertragen werden können.

Die Lösung der Aufgabe ist im Patentanspruch 1 angegeben.

Weiterbildungen der Erfindung sowie Faksimile-Empfänger zur Verwendung in Verbindung mit Schaltungsanordnungen nach der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Es werden also die elektrischen Eingangssignale, die die verschiedenen Lichtintensitäten als Spannung für die abgetasteten Teile oder Elemente des reproduzierten Bildes darstellen, digital in Form getrennter Schwarz-Detailinformationen hoher Auflösung (individuelle Bildelemente) und Grauskala-Informationen niedriger Auflösung (Blöcke von Bildelementen) codiert, und zwar in getrennten Detail- und Grauskala-Schaltungen.

In der Detail-Schaltung werden elektrische Eingangssignale mit einem vorgegebenen Schwellenwert zur Erzeugung eines Binärsignals schwarzer und weißer Punkte verglichen. Das Binärsignal der Vergleichseinstellungen wird dann nach einem üblichen und wirksamen Kompressionsverfahren komprimiert, das für die Übertragung von graphischen Zweitont-Bildern zur Verfügung steht.

In der Grauskala-Schaltung werden die Bildelemente eines Originalbildbereiches willkürlich in zweidimensionale Blöcke von beispielsweise 8×8 Bildelementen zum Zwecke der Codierung unterteilt. Die den Bildelementen in einem Block entsprechenden elektrischen Eingangssignale werden mit positionsabhängigen Schwellenwerten zur Erzeugung eines binären Grauskala-Signals verglichen. Innerhalb jedes Blocks wird die Anzahl der Bildelemente in den elektrischen Eingangssignalen, die ihre positionsabhängigen Schwellenwerte übersteigen, gezählt, um die Graueit des jeweiligen Blockes von Bildelementen zu bestimmen, wobei der Zählwert N die durchschnittliche Graueit oder Intensität des jeweiligen Blocks annähert. Da bei dem vorliegenden Beispiel 64 Bildelemente in jedem unterteilten

Block vorhanden sind, kann der Zählwert zwischen 0 und 64 oder bei 65 möglichen Grauwerten für den Block liegen.

Der Zählwert N wird weiter in seiner Bandbreite dadurch reduziert, daß er beispielsweise einer von 8 Grauwerten ist, die als wahrnehmbar angenommen werden. Der Grauwert jedes Blocks von Bildelementen kann dann durch 3 Bits dargestellt werden. Beim Ausführungsbeispiel führt der Binärcode mit 3 Bits zu einer Übertragungsbitrate von 3/64 oder angenähert 0,05 Bits/Bildelement für die codierte Grauskalainformation. Die gesamte Bitübertragungsrate ist jedoch die Summe der Bitrate für die codierte Grauskalainformation und die komprimierte Detail-Information (0,05 Bits/Bildelement für die komprimierte Detailinformation bei einem bekannten Verfahren).

Weiterhin kann ein größerer Kontrast zwischen der Grauskala- und Detailinformation erzeugt werden, um die Kanten- und Grenzinformationen in einem Dokument zu betonen. Dies wird durch Erzeugung eines helleren Hintergrunds von Grauskalen-Informationen immer dann erreicht, wenn schwarze Detail-Signale in einem bestimmten Block von Bildelementen festgestellt werden.

Bei einem Ausführungsbeispiel werden die erzeugten schwarzen Bildelemente im binären Detail-Signal von den entsprechenden schwarzen Bildelementen im binären Grauskalensignal abgezogen, so daß schwarze Bildelemente im binären Grauskalensignal entsprechend den schwarzen Detail-Bildelementen zu weißen Bildelementen werden. Dadurch wird die Anzahl von Bildelementen, die die positionsabhängigen Bezugsschwellenwerte in der Grauskalenschaltung übersteigen, verändert und damit ein hellerer Grauskalenhintergrund für den Bildbereich erzeugt, der durch einen bestimmten Block von Bildelementen gebildet wird. Diese Subtraktion schwarzer Details setzt voraus, daß Druckelemente, die binäre Detail-Information sind, einen weißen statt einen grauen Hintergrund haben. Wenn also ein bestimmter Block im Originalbild nur schwarze Druckelemente auf einem weißen Hintergrund enthält, gibt der aus dem modifizierten Grauskalen-Binärsignal für den Block erzeugte Zählwerte einen rein weißen Block an.

In den Zeichnungen zeigt

Fig. 1 das Schaltbild eines Ausführungsbeispiels für einen digitalen Codierer nach der Erfindung;

Fig. 2 die Matrix von Bildelementen eines abzutastenden Originalbildbereiches mit kontinuierlichen Tönen, die Gruppierung der Bildelemente in zweidimensionale Blöcke zum Zwecke einer Grauskalen-Codierung, und eine Taktzeile mit den Impulsen, die zur Abtastung der Lichtintensität kleiner, den Bildelementen entsprechenden Teile des Bildes benutzt werden;

Fig. 3 eine geordnete Zittermatrix mit den für jeden Abtastpunkt gegebenen Schwellenwerten;

Fig. 4 eine Probe des binären Grauskalensignals, eine entsprechende synchronisierte Probe des binären Detailsignals und das sich ergebende, modifizierte Grauskalen-Binärsignal;

Fig. 5 genauere Einzelheiten der Grauskala-Codierschaltung;

Fig. 6 eine Tabelle der Graupegelcodierungen für die schwarzen Bildelement-Zählwerte;

Fig. 7 als Blockschaltbild eine Empfangsschaltung, die die codierten Detail- und Grauskaleninformationen für eine zweistufige Wiedergabe rekonstruiert;

Fig. 8 einen Graustufencodierer, der als Empfänger zur Wiederherstellung eines Graupegelwertes für jedes

Bildelement benutzt werden kann;

Fig. 9 die Blöcke und Bildelementspalten zur Beschreibung des Graupegeldecoders nach Fig. 8 sowie die Bildelemente für den Graustufencodierer nach Fig. 10;

Fig. 10 als Blockschaltbild einen alternativen Graupegeldecoder.

Fig. 1 zeigt das Schaltbild für ein Ausführungsbeispiel eines Digitalcodierers nach der Erfindung zur wirksamen Codierung von Faksimile-Informationen mit kontinuierlicher Tönung. Der Codierer 10 umfaßt einen Faksimile-Abtaster 12 unter Steuerung einer Logikschaltung 14 und eines Taktgebers 16, eine Detail-Codierschaltung 20 mit hoher Auflösung, eine Grauskalen-Codierschaltung 30 mit niedriger Auflösung und einen Multiplexer 18 zur Kombination der codierten Detail- und Grauskaleninformationen zwecks Speicherung oder Übertragung.

Der Abtaster 12 ist ein konventioneller Abtaster, der ein Bild mit kontinuierlicher Tönung rastermäßig abtastet und analoge Abtasteingangssignale erzeugt, die die Lichtintensität der Bildelemente (Pels von Picture Elements) entlang einer Abtastzeile darstellen. Gemäß Fig. 2 wird der Bildbereich 100 eines Originalbildes als Matrix von diskreten Pels 102 behandelt. Der Abtaster 12 tastet von links nach rechts ab und beginnt mit dem ersten Pel der ersten Abtastzeile 103. Nach Abtastung des letzten Pels der ersten Zeile 103 geht der Abtaster zur nächsten Zeile 103, tastet die Pels dieser Zeile von links nach rechts ab und läuft dann weiter, bis der gesamte Bildbereich 100 abgetastet ist.

Die Steuerlogik 14 erzeugt einmal für jeden abzutastenden Pel einen Impuls für den Abtaster 12, d. h. nach jeweils einer Zeit, die der Abtaster 12 benötigt, um die zur Abtastung des nächsten Pels benötigte Entfernung zu durchlaufen, und zieht dabei Abtastverzögerungen von Zeile zu Zeile in Betracht. Wie die Taktzeile 106 zeigt, entspricht jeder Impuls 107 zeitlich der Lage der Pels 102 im Bildbereich 100. Bei dem Ausführungsbeispiel werden 1060 Pels auf jeder Abtastzeile entsprechend der Zeile 101 für einen Maßstab von 200 Pels je Zoll und 200 Abtastzeilen je Zoll abgetastet. Die Steuerlogik 14 überwacht die gesamte Operation bei der Erzeugung der elektrischen Analogeingangssignale sowie der Synchronisierung der übrigen Codieroperationen mit Hilfe geeigneter Steuersignale. Die Abtastoperation ist bei der Verarbeitung von Bildern üblich und wird nicht weiter beschrieben.

Man beachte, daß bei dem Ausführungsbeispiel die erzeugten Eingangsanalogsignale von der Spannung Null für Weiß oder maximale Lichtintensität bis zu einer Maximalspannung für Schwarz oder minimale Lichtintensität reichen.

Fig. 2 zeigt außerdem die willkürliche Unterteilung der Pels in 8×8 -Anordnungen oder Blöcke 104. Die Pels werden auf diese Weise unterteilt, um Bildbereiche kleiner Auflösung zu bilden, für die Graupegelcodierungen in der Graupegelcodierschaltung 30 erzeugt werden. Jeder erzeugte Graupegelcode stellt die Grauhheit des durch einen bestimmten Block 104 von Pels 102 gebildeten Bildbereich dar. Die Blöcke 104 sind in Zeilen 111 mit 200 Blöcken je Zeile angeordnet. Jede Zeile 111 von Blöcken umfaßt 8 Abtastzeilen 103 von Pels. In jeder Zeile 111 werden die Blöcke 104 mit der Bezeichnung 0 bis 199 adressiert und nacheinander von links nach rechts entsprechend der Darstellung durch die Zeile 105 in der Graustufen-Codierschaltung 30 verarbeitet. Die codierte Graustufeninformation für die Blöcke

wird auch in dieser Reihenfolge übertragen und decodiert. Es dürfte klar sein, daß auch andere Blockgrößen anstelle von Blöcken von 8×8 Pels für eine Hintergrund-Grauskalencodierung verwendet werden können.

Gemäß Fig. 1 weist die Detail-Codierschaltung 20 eine konventionelle Kanten-Spitzenschaltung 22, einen Komparator 24, eine Quelle 25 mit fester Gleichspannung und eine Detail-Codierschaltung 26 auf. Die Grauskala-Codierschaltung 30 weist einen Komparator 31, einen Zittergenerator 32, eine Subtrahierschaltung 36 und eine Graupegel-Codierschaltung 38 auf.

Im Betrieb werden die elektrischen Eingangssignale gleichzeitig sowohl der Detail- als auch der Grauskala-Codierschaltung 20 und 30 zwecks Codierung zugeführt.

In der Detail-Codierschaltung 20 werden die Eingangssignale beim Durchlaufen der Kanten-Spitzenschaltung 22 so verändert, daß Konturen und Kanten im Originalbild betont werden. Das heißt, die elektrischen Analogsignale, die die Kanten und Konturen von Elementen des Originalbildes darstellen (diese Signale weisen verhältnismäßig plötzliche Pegeländerungen des Analogsignals auf), werden willkürlich in ihrem Wert vergrößert, so daß ihre Anzeige- und Codierung als schwarze Pels sichergestellt ist. Die modifizierten Signale werden dann im Komparator 24 mit einem festen, positionsunabhängigen Schwellenwert von der Quelle 25 verglichen, um die Schwarz-Detailinformation zu gewinnen, wodurch ein binäres Detailsignal 109 erzeugt wird. Die Pels in den Eingangssignalen, die oberhalb des festen Schwellenwertes liegen, werden als schwarze Pels und die übrigen Pels als weiße Pels erzeugt. Die Folge von schwarzen und weißen Pels im binären Detailsignal wird dann unter Verwendung irgendeines, für Zweittonbilder zur Verfügung stehenden Codierverfahrens in der Detail-Codierschaltung 26 komprimiert. Bei dem Ausführungsbeispiel wird ein zweidimensionales Codierverfahren mit Vorteil verwendet, das genauer in A. J. Frank "High Fidelity Encoding of Two-Level High-Resolution Images" IEEE International Conference on Communication, 11. Juni 1973, sowie in der US-PS 41 03 287 vom 25. Juli 1978 beschrieben ist. Wenn dieses Verfahren zur Codierung des binären Detailsignals verwendet wird, ergibt sich ein Detailcode mit einer Übertragungsrate von etwa 0,05 Bits-Pel.

Gleichzeitig werden die Eingangssignale dem Komparator 31 in der Grauskala-Codierschaltung 30 zugeführt. Der Komparator 31 vergleicht die Eingangssignale mit positionsabhängigen Zitter-Bezugsschwellenwerten vom Zittergenerator 32 zur Erzeugung eines binären Grauskalensignals 108. Die Pels im Eingangssignal, die ihre zugeordneten Bezugsschwellenwerte übersteigen, werden schwarz, und diejenigen, die kleiner oder gleich den ihnen zugeordneten Schwellenwerten sind, werden im binären Grauskalensignal weiß.

Der Zittergenerator 32 weist einen Festwertspeicher (ROM) 33 mit vorgegebenen, positionsabhängigen Bezugsschwellenwerten auf, die in digitaler Form anhand einer geordneten Zittermatrix gespeichert sind, sowie einen Digital-Analogwandler (D/A) 34 auf. Der Festwertspeicher 33 steht unter Steuerung der Steuerlogik 14 und erzeugt zu einem geeigneten Vergleichszeitpunkt den vorgegebenen, positionsabhängigen Schwellenwert, der jedem Pegel 102 zugeordnet ist. Die Zitterschwellenwerte werden vor dem Vergleich im Komparator 31 in Analogform umgewandelt, da die Eingangssignale Analogsignale sind. Es dürfte klar sein, daß die Eingangssignale anstelle von Analogsignalen auch Digi-

talsignale sein könnten, so daß kein Digital-Analogwandler erforderlich wäre.

Wie bereits erwähnt, weist eine geordnete Zittermatrix eine zweidimensionale Anordnung, hier eine 8×8 -Anordnung, von Abtastpunkten mit unterschiedlichen Schwellenwerten in Form einer Spannungsamplitude auf. Jeder Abtastpunkt in der Zittermatrix ist einem bestimmten Pel 102 in jedem unterteilten Block 104 des Bildbereichs 100 für das Originalbild zugeordnet. Der mittlere Schwellenwert für die Abtastpunkte in der Matrix liegt in typischer Weise in der Mitte zwischen den Spannungsamplituden für schwarz und weiß. Auf zweckmäßige Weise wird die gleiche Zittermatrix für jeden Block 104 verwendet.

Eine verwendbare Zittermatrix ist in Fig. 3 dargestellt. Die Schwellenwerte, die einen Bereich von Helligkeitspegeln mit Amplitudenwerten von 0 bis 63 darstellen, sind in den ihnen zugeordneten Abtastpunkten dargestellt und lassen sich so ansehen, daß sie einen Block 104 von Pels 10 überdecken. Normalerweise werden Zitter-Bezugsschwellenwerte zur Erzeugung eines subjektiv angenehmen Eindrucks einer Gesamtbildtextur bei einem reproduzierten Bild benutzt, hier aber zur Annäherung der Grauheit im Codierer 10 verwendet. Die Benutzung einer geordneten Zittermatrix von Schwellenwerten hält zunächst die individuelle Pelauflösung aufrecht. Das ist für die Subtraktion des binären Detailsignals zweckmäßig, wie später beschrieben wird. Andere Matrizen mit unterschiedlichen, positionsabhängigen Schwellenwerten können benutzt werden.

Beim Codierer 10 wird das vom Komparator 31 der Grauskalenschaltung erzeugte Grauskalen-Binärsignal 108 vor der Codierung modifiziert. Das vom Komparator 24 erzeugte Detailsignal 109 und das Grauskalen-Binärsignal 108 werden der Subtrahierschaltung 36 zugeführt. Die schwarzen Pels im Detailsignal 109 werden von den entsprechenden schwarzen Pels im Grauskalen-Binärsignal subtrahiert, so daß die schwarzen Pels im Grauskalen-Binärsignal 108, die schwarzen Detail-Pels entsprechen, zu weißen Pels werden. Das heißt, immer dann, wenn eine schwarze Detailinformation in einem bestimmten Block vorliegt, reduziert ihr Vorhandensein die Anzahl von Pels, die im anderen Fall ihre Zitter-Bezugsschwellenwerte übersteigen, wodurch ein hellerer Grauskalen-Hintergrund für den von dem jeweiligen Block 104 von Pels gebildeten Bildbereich erzeugt wird.

Fig. 4 zeigt ein Beispiel für das Grauskalen-Binärsignal 108 und seine Abwandlung durch das synchronisierte Detail-Binärsignal 109 unter Erzeugung des modifizierten Grauskalen-Binärsignals 110. Ein schwarzes Pel wird mit 1 und ein weißes Pel mit 0 bezeichnet. Wenn ein schwarzes Pel im Detail-Signal 109 und im Grauskalensignal 108 vorhanden ist, so ist das entsprechende Pel im modifizierten Grauskalen-Binärsignal 110 weiß. Eine Zeile 103 mit Pels 102 und eine Taktzeile 106 sind zum Vergleich mit den Abtastsignalen dargestellt.

Das modifizierte Grauskalen-Binärsignal 110 mit einer Folge von schwarzen und weißen Pels wird dann zur Graupegel-Codierschaltung 38 gegeben, die genauer in Fig. 5 dargestellt ist. Die Schaltung 38 weist ein UND-Gatter 40, einen 6-Bit-Binärzähler 42, einen 200×6 -Bit-Schreib-Lese-Speicher (RAM) 44, einen Multiplexer 46, einen 64×3 -Bit-Festwertspeicher (ROM) 48 und einen $200 \times$ Bit-Schreib-Lese-Speicher (RAM) 50 auf.

Im Betrieb werden das modifizierte Grauskalen-Bi-

närsignal 110 und ein geeignetes Abtasttaktsignal im UND-Gatter 40 addiert, wodurch ein Einschaltimpuls für jedes schwarze Pel zum Zähler 42 gelangt. Der Abtaster 12 tastet die Pels 102 Zeile für Zeile und Block für Block ab. Für jede Abtastzeile 103 werden demgemäß 8 Pels eines Blockes 104 gezählt, bevor die Pels des nächsten Blockes 104 zum Zähler 42 gegeben werden. Die Codierschaltung 38 zählt die Blöcke 104 Zeile für Zeile.

Nachdem der Zähler 42 die Anzahl von schwarzen Pels in der augenblicklichen Zeile 108 mit 8 Pels für einen bestimmten Block 104 angesammelt hat, wird der RAM-Speicher 44 durch ein Steuersignal von der Steuerlogik veranlaßt, den angesammelten Zählwert in der für diesen Block 104 vorgesehenen Speicheradresse abzulegen. Die Blöcke 104 werden gemäß Zeile 105 in Fig. 2 adressiert. Selbstverständlich wird der RAM-Speicher 44 durch einen konventionellen Adressengenerator gesteuert, um sicherzustellen, daß der angesammelte Zählwert zum richtigen Zeitpunkt in der richtigen Adresse gespeichert wird.

Wenn die vollständige erste Abtastzeile 103 von Pels 102 gezählt worden ist, ist ein Zählwert für die erste Zeile für jeden der 200 Blöcke in der ersten Zeile gespeichert worden. Dann wird das modifizierte Grauskalen-Binärsignal 110 für die zweite Zeile 103 zum Zähler 42 gegeben. Bevor das erste Pel in der zweiten Zeile für den augenblicklichen Block 104 gezählt wird, wird der von der vorhergehenden Zeile des augenblicklichen Blockes 104 abgeleitete Zählwert über den Multiplexer 46 in den Zähler 42 eingegeben. Nachdem die Pels der zweiten Zeile für den augenblicklichen Block 104 addiert worden ist, wird der neu angesammelte Zählwert in die entsprechende Adresse im RAM-Speicher 44 gegeben. Der Zähler 42 sammelt weiter in Zusammenarbeit mit dem RAM-Speicher 44 und dem Multiplexer 46 den Zählwert für jeden Block 104 von Pels 102 Zeile für Zeile an, bis der Gesamtzählwert von schwarzen Pels in jedem Block 104 einer Zeile erzeugt und im RAM-Speicher 44 abgelegt ist.

Während der ersten Zeilenzählung für die nächste Reihe von Blöcken und in einzelnen dann, wenn die erste Zeile in einem Block von Pels gezählt wird, wird der angesammelte Zählwert für den Block der vorhergehenden Reihe, der die gleiche Adresse wie der augenblickliche Block hat, auf der Leitung 45 zum ROM-Speicher 48 ausgegeben, der zur Aufnahme des Zählwertes aktiviert worden ist. Nachdem die letzte Reihe von Blöcken gezählt worden ist, veranlassen Steuersignale der Steuerlogik 14 die Codierschaltung 38, eine weitere Abtastzeile 103 zu durchlaufen, um die angesammelten Gesamtzählwerte der letzten Reihe 111 von Blöcken zum ROM-Speicher 48 zu senden.

Wie bereits erwähnt, können 65 Graustufen vorhanden sein, da jeder der 64 Pels in jedem Block weiß oder schwarz sein kann. Es treten jedoch Zählwerte von 0 bis 63 auf, da ein Zitter-Bezugsschwellenwert, nämlich der Wert 63, gleich dem festen Schwellenwert ist, der in der Detail-Codierschaltung 30 verwendet wird. Wenn demgemäß dieser spezielle Pel in dem Grauskalen-Binärsignal schwarz ist, wird er bei einer Verarbeitung durch die Subtrahierschaltung 36 weiß. Wenn keine Pels schwarz sind, so ist der Zählwert 0.

Die Gesamtzählwerte schwarzer Pels werden auf der Leitung 45 ausgegeben, und zwar jeder zu einem geeigneten Zeitpunkt zur Adressierung einer bestimmten Speicheradresse im ROM-Speicher 48 zwecks Erzeugung des jeweiligen 3-Bit-Grauegelcode, der dem jeweiligen Zählwert schwarzer Pels zugeordnet ist. Die

Tabelle in Fig. 6 gibt die Zuordnung an. Wenn ein bestimmter Block zwischen 0 und 7 schwarzen Pels besitzt, so wird ein Code 1 ausgesendet usw. Es werden nur Codierungen für 8 Pegel zugeordnet, da dies für Hintergrund-Grauwerte ausreicht.

Der Grauegelcode mit 3 Bits führt zu einer Übertragungsbitrate von 3/64 oder etwa 0,5 Bits/Pel für die Grauskaleninformation niedriger Auflösung beim Ausführungsbeispiel. Die Detailinformation und die Grauskaleninformation werden getrennt codiert und führen zu einer Kompression von etwa 0,1 Bits/Pel.

Nachdem der ROM-Speicher 48 den Grauegelcode mit 3 Bits für jeden Gesamtblockzählwert erzeugt hat, wird er in einer entsprechenden Speicheradresse im RAM-Speicher 50 abgelegt, die durch die Steuerlogik 14 zum geeigneten Zeitpunkt aktiviert worden ist. Der RAM-Speicher 50 erzeugt die gespeicherten Codierungen für die Übertragung sequentiell, wenn er von der Steuerlogik 14 aufgerufen wird.

Der Multiplexer 46 wird durch Signale von der Steuerlogik 14 veranlaßt, Null-Werte als Anfangszählwert einzugeben, bevor er jede erste Zeile in jedem Block 104 zählt. Zu allen anderen Zeitpunkten schaltet der Multiplexer 46 so, daß der angesammelte Zählwert für die vorhergehende Zeile im augenblicklichen Block 104 in den Zähler 42 eingegeben wird.

Die codierten Detail- und Grauskaleninformationen können direkt über getrennte Kanäle zur Speicherung oder zu einem Empfänger übertragen werden, oder auch durch den Multiplexer 18 multiplexiert werden. Beim Ausführungsbeispiel werden die codierten Informationen Reihe für Reihe übertragen. Für jede Reihe 111 wird die codierte Detailinformation als erste über den Multiplexer 18 für die entsprechenden 8 Abtastzeilen 103 von Pels übertragen, und danach wird die codierte Grauskaleninformation vom RAM-Speicher 50 für die Reihe 111 von Blocks 104 ausgesendet. Die Grauskaleninformation kann auch als erste übertragen werden.

Zur Rekonstruktion des Originalbildes auf der Empfangsseite einer Faksimile-Übertragungsanlage werden die Detail- und Grauskalencodierungen entsprechend dem Blockschaltbild einer Empfangsschaltung 60 in Fig. 7 für jedes Pel rekonstruiert. Danach werden die jedem Pel zugeordneten, rekonstruierten Detail- und Grauegelwerte zur Wiedergewinnung des elektrischen Wertes jedes einzelnen Pel zum Zwecke der Reproduktion überlagert, und zwar einer Zweiton-Reproduktion beim Ausführungsbeispiel.

Die als Beispiel dargestellte Empfangsschaltung 60 weist eine Empfänger- und Trennschaltung 61 zur Aufnahme der codierten Informationen und weiterer konventioneller Synchronisationssignale sowie zur Übertragung der codierten Informationen zu getrennten Detail- und Grauskalen-Decodierschaltungen auf. Die Detail-Decodierschaltung enthält einen Detail-Decodierer 62 und eine Verzögerungsschaltung 63. Die codierte Detailinformation wird in einem konventionellen Detail-Decodierer 62 decodiert, der dem gewählten Detail-Codierer 26 entspricht. Dann wird der rekonstruierte Detail-Strom schwarzer und weißer Pels zur Synchronisation mit dem rekonstruierten Grauskalenstrom von Pels über die Verzögerungsschaltung 63 und zur Kombination im ODER-Gatter 64 ausgesendet.

Die Grauskalen-Decodierschaltung weist einen Grauegel-Decodierer 68, einen digitalen Komparator 65 und einen Zitter-Schwellenwertgenerator 65 auf.

Bei dem als Beispiel gewählten Codierer 10 ist jedem

Block 104 von Pels ein Grauegelcode zugeordnet. Wenn die Pels direkt aus dem Code rekonstruiert werden, können jedoch plötzliche Änderungen des Tonwertes oder Grauegels zwischen den Blöcken 104 von Pels auftreten. Entsprechend einem weiteren Merkmal der Erfindung wird demgemäß jeder Block 104 von Pels sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung mit wenigstens einigen Nachbarblöcken verglichen, um das Auftreten von quadratischen Mustern dadurch zu vermeiden, daß eine langsame Änderung des Grauegels für die Pels in jedem Block und von Block zu Block bewirkt wird. Es dürfte offensichtlich sein, daß auch nur horizontale oder vertikale Modifizierungen durchgeführt werden können.

Fig. 8 zeigt das Schaltbild eines Grauegel-Decodierers 68 zur Erzeugung eines rekonstruierten Grauegelwertes für jedes Pel. Der Decodierer 68 weist ein Horizontalfilter 70, zwei 1600 x 6-Bit-RAM-Speicher 77, 78, einen Multiplexer 79 und ein Vertikalfilter 80 auf. Das Horizontalfilter umfaßt eine digitale Subtrahierschaltung 73, eine Verzögerungsschaltung 71, einen inkrementellen Multiplizierer 74, einen digitalen Addierer 75 und Zwischenspeicher 72, 76. Das Vertikalfilter 80 besitzt eine Subtrahierschaltung 82, einen inkrementellen Multiplizierer 93, einen digitalen Addierer 84 und Zwischenspeicher 85, 81.

Es sei daran erinnert, daß beim Ausführungsbeispiel die Graustufencodierungen für die Blöcke 104 Reihe für Reihe beginnend mit dem Block am äußersten linken Ende in jeder Reihe 111 nacheinander übertragen werden. Fig. 9 zeigt die Blöcke 104 in den Reihen 111. Außerdem ist gezeigt, daß jeder Block 8 Spalten mit 8 Pels und 8 Abtastzeilen mit 8 Pels besitzt. Bei 200 Blöcken 104 in einer Reihe 111 sind 1060 entsprechende Spalten von Pels in jeder Reihe 111 vorhanden. Jede Spalte in einer Reihe 111 ist mit einer entsprechenden Spalte in der nächsten Reihe 111 ausgerichtet, wie die schattierten Spalten 119 bzw. 116 zeigen.

Im Betrieb vergleicht das Horizontalfilter 70 den Grauegelcode jedes augenblicklichen Blockes einer augenblicklichen Reihe 111 mit dem Grauegelcode des vorhergehenden Blockes in der gleichen Reihe und erzeugt einen horizontal abgestuften Grauegelwert für jede Spalte im augenblicklichen Block. Dann vergleicht das Vertikalfilter 80 den horizontal abgestuften Grauegelwert für jede Spalte in der augenblicklichen Reihe mit dem Wert der entsprechenden, darüberliegenden Spalte (der bereits aus den Grauegel-Codierungen der vorhergehenden Reihe von Blöcken abgeleitet worden ist) zum Zwecke der vertikalen Interpolation und erzeugt den rekonstruierten Grauegelwert für jedes Pel in der jeweiligen Spalte in der augenblicklichen Reihe von Blöcken.

Zur Erläuterung der Arbeitsweise der Filter 70 und 80 sei angenommen, daß die rekonstruierten Grauegelwerte für die Pels 102 in einem augenblicklichen Block erzeugt werden, der in Fig. 9 mit 112 bezeichnet ist. Das Horizontalfilter 70 nimmt zunächst den Grauegelcode des augenblicklichen Blocks 112 auf. Dieser Code wird in die Subtrahierschaltung 73 eingegeben, um den Grauegelcode des vorhergehenden Blockes 113 in der gleichen Reihe zu subtrahieren und eine positive oder negative Horizontaldifferenz mit 6 Bits zu erzeugen.

Die Horizontaldifferenz wird dann im Multiplizierer 74 achtmal multipliziert. Beim ersten Mal wird die Horizontaldifferenz mit 1/8 zur Erzeugung eines ersten inkrementellen Horizontalwertes multipliziert. Dieser Wert wird dann zum Grauegelcode des vorhergehen-

den Blockes 113 addiert, wodurch ein horizontal abgestufter Grauegelwert für die erste Spalte 116 von Pels im augenblicklichen Block 112 erzeugt wird, also die Spalte, die dem vorhergehenden Block 113 direkt benachbart ist. Dieser Wert wird zum geeigneten Zeitpunkt aus dem Zwischenspeicher 76 herausgeführt und beispielsweise im RAM-Speicher 77 in der für die Spalte vorgesehenen Adresse gespeichert.

Zur Erzeugung des horizontal abgestuften Grauegelwertes für die zweite Spalte 117 von Pels wird die Differenz mit 2/8 multipliziert, um einen neuen inkrementellen Horizontalwert zu erzeugen, der zum Grauegelcode des vorhergehenden Blocks 113 addiert wird. Dies setzt sich fort, bis ein horizontal abgestufter Grauegelwert für jede Spalte im augenblicklichen Block 112 erzeugt worden ist. Der achten Spalte 118, also der Spalte auf der äußersten rechten Seite des augenblicklichen Blockes 112, ist der Grauegelcode (in 6-Bit-Form) des augenblicklichen Blockes 112 zugeordnet. Die Horizontaldifferenz multipliziert mit 8/8 ist der inkrementelle Horizontalwert für die achte Spalte.

Der augenblickliche Block 112 wird dann der vorhergehende Block in der Reihe bei der Erzeugung der horizontal abgestuften Grauegelwerte für den nächsten Block 115. Dieser Vorgang setzt sich fort, bis horizontal abgestufte Grauegelwerte für jede Spalte in der Reihe erzeugt worden sind, d. h. 1060 Werte mit 6 Bits, die im RAM-Speicher 77 gespeichert werden. Es dürfte klar sein, daß dann, wenn eine nur eindimensionale Filterung befriedigend ist, der horizontal abgestufte Wert allen 8 Pels in der jeweiligen Spalte von Pels zugeordnet werden kann.

Man beachte, daß die RAM-Speicher 77 und 78 beide das Vertikalfilter 80 über den Multiplexer 79 speisen. Der Multiplexer 70 schaltet die Eingangssignale für das Vertikalfilter 80 so, daß die Werte der augenblicklichen Reihe auf der Leitung 86 eingespeist werden. Dies ist vorgesehen, weil die Speicher 77 und 78 abwechselnde Reihen 111 der horizontal abgestuften Grauegelwerte speichern. Man erkennt, daß der zur Speicherung einer bestimmten Reihe 111 vorgesehene RAM-Speicher nur während der Erzeugung der horizontal abgestuften Grauegelwerte für diese Reihe von Blocks aktiviert wird.

Da die horizontal abgestuften Grauegelwerte der augenblicklichen Reihe 111, die den augenblicklichen Block 112 enthält, im RAM-Speicher 77 abgelegt sind, hat der RAM-Speicher 78 bereits die horizontal abgestuften Grauegelwerte der vorhergehenden Reihe 111 von Blöcken gespeichert.

Zur Erzeugung des rekonstruierten Grauegelwertes für jedes Pel im Block 112 vergleicht das Vertikalfilter 80 den horizontal abgestuften Grauegelwert jeder Spalte im Block 112 nacheinander mit dem Wert der entsprechenden, darüberstehenden Spalte in der vorhergehenden Reihe. Zuerst wird der horizontal abgestufte Grauegelwert einer darüber liegenden Spalte 119 im Block 114 in der vorhergehenden Reihe vom horizontal abgestuften Grauegelwert der ersten Spalte 116 im augenblicklichen Block 112 zur Erzeugung einer positiven oder negativen Vertikaldifferenz abgezogen. Diese Vertikaldifferenz wird dann mit einem Vielfachen von 1/8 im Multiplizierer 83 zur Erzeugung eines inkrementellen Vertikalwertes multipliziert. Der inkrementelle Vertikalwert wird dann zum horizontal abgestuften Grauegelwert für die darüberstehende Spalte 119 zur Erzeugung eines rekonstruierten Grauegelwertes für eines der Pels in der augenblicklichen

Spalte addiert.

Wenn der Multiplikationsfaktor $1/8$ ist, wird der rekonstruierte Graupegelwert des Pels 120 neben der darüberliegenden Pelspalte 119 in der ersten Zeile des augenblicklichen Blockes 112 erzeugt. Wenn der Multiplikationsfaktor $2/8$ ist, wird der rekonstruierte Graupegelwert des Pels 121 in der zweiten Zeile des augenblicklichen Blockes 112 für die Spalte 116 erzeugt usw. Dann wird die nächste Spalte 117 in Verbindung mit der entsprechenden, darüberliegenden Spalte interpoliert. Dieser Vorgang geht weiter, bis ein rekonstruierter Graupegelwert für jedes Pel im Block 112 gebildet worden ist.

In der Praxis werden jedoch die rekonstruierten Graupegelwerte der Pels in jeder Reihe 111 von Blöcken Zeile für Zeile erzeugt. Zur Erzeugung der Graupegelwerte für die Pels in einer augenblicklichen Abtastzeile wird der horizontal abgestufte Graupegelwert jeder Spalte in der augenblicklichen Reihe, die die augenblickliche Abtastzeile enthält, mit dem horizontal abgestuften Graupegelwert der entsprechenden, darüberliegenden Spalte in der vorhergehenden Reihe nacheinander verglichen, um nur die Pels in der augenblicklichen Zeile zu erzeugen.

Die am äußersten links stehenden und ersten Spalten in den beiden Reihen werden zuerst verglichen, um das erste Pel in der ersten augenblicklichen Spalte (erstes Pel in der ersten Zeile der augenblicklichen Reihe von Blöcken) zu erzeugen. Dann werden die zweiten Spalten in den beiden Reihen verglichen, um das erste Pel in der zweiten augenblicklichen Spalte (oder das zweite Pel auf der ersten Zeile für die augenblickliche Reihe von Blöcken) zu erzeugen, usw., bis ein rekonstruierter Graupegelwert für jedes Pel in der ersten Zeile der augenblicklichen Reihe erzeugt worden ist. Dann werden die Spalten der beiden Reihen erneut nacheinander verglichen, um die rekonstruierten Graupegelwerte der Pels auf der zweiten Zeile der augenblicklichen Reihe von Blöcken zu erzeugen. Dieser Vorgang setzt sich fort, bis alle 8 Zeilen von Pels erzeugt worden sind.

Für die Blöcke 104 entlang der linken und oberen Kante des Bildbereichs 100 sind keine vorhergehenden Blöcke in der gleichen Reihe oder darüberliegenden Spalten vorhanden. Die Zwischenspeicher 72 und 81 im Horizontalfilter 70 bzw. im Vertikalfilter 80 liefern zu den jeweils richtigen Zeitpunkten Eingangswerte Null. Der Zwischenspeicher 72 wird während der Horizontalfilterung des ersten Blockes in jeder Reihe zurückgestellt, um für Berechnungszwecke Null-Werte in die Subtrahierschaltung 73 und den Addierer 75 einzugeben. Zu allen anderen Zeitpunkten überträgt der Zwischenspeicher 72 den Graupegelcode des vorhergehenden Blocks in 6-Bit-Form, wobei der binäre Graupegelcode aus den höherstelligen Bits besteht. Der Zwischenspeicher 71 wird zurückgestellt, um Null-Werte in die Subtrahierschaltung 82 und den Addierer 84 über das Kabel 87 während der Rekonstruktion der Graupegelwerte für die Pels in der ersten Reihe von Blöcken einzuführen. Demgemäß wird die erste Reihe von Spalten mit Null-Werten verglichen. Es ergibt sich eine unschädliche Aufhellung an den beiden Bildkanten.

Wie man leicht aus den obigen Erläuterungen erkennt, bestimmt der Graustufendecoder 68 gemäß Fig. 8 einen rekonstruierten Graustufenwert für jedes Pel durch lineares Interpolieren des Graustufencode eines Blocks 104 mit den Graustufencodierungen benachbarter Blöcke oder aus ihnen abgeleiteten Modifizierungen.

In Fig. 10 ist ein alternativer Graustufendecoder 168

dargestellt.

Der Graustufendecoder 168, der ein zweidimensionales, nicht lineares Digitalfilter ist, weist einen ersten digitalen Addierer 170, einen zweiten digitalen Addierer 171, einen Teiler 173, einen 1060×7 -Bit-RAM-Speicher 175, einen dritten digitalen Addierer 178, einen Teiler 174 und Zwischenspeicher 169, 172, 176, 177 auf.

Unter Bezugnahme auf Fig. 9 und den Graustufendecoder 168 gemäß Fig. 10 wird der rekonstruierte Graustufenwert eines augenblicklichen Pels 122 aus 4 Werten berechnet:

- a) der Graustufencode *A* für den Block, der das Pel 122 enthält;
- b) einen berechneten Wert *B* für das vorhergehende Pel 173 auf der gleichen oder augenblicklichen Abtastzeile;
- c) einen berechneten Wert *C* für das vorhergehende Pel 124 auf der vorhergehenden Abtastzeile;
- d) einen berechneten Wert *D* für das augenblickliche Pel 125 auf der vorhergehenden Abtastzeile.

Der Graustufencode des Blocks 115, der das augenblickliche, gerade berechnete Pel 122 enthält, wird an den ersten digitalen Addierer 170 in Form der höchststelligen Bits eines 7-Bit-Wertes zusammen mit dem berechneten Wert *B* für das vorhergehende Pel 123 gegeben, der über die Leitung 180 vom Teiler 173 über den Zwischenspeicher 169 zugeführt wird. Die sich ergebende Digitalsumme ($A + B$) wird dann zum zweiten digitalen Addierer 171 gegeben und dort mit der Digitalsumme der berechneten Werte ($C + D$) des vorhergehenden Pels 124 und des augenblicklichen Pels 125 auf der vorhergehenden Abtastzeile vom dritten Addierer 178 addiert.

Nachdem die vier Werte im zweiten Addierer 171 summiert worden sind, wird die sich ergebende Summe unter Takteinfluß über den Zwischenspeicher 172 zum Teiler 173 zur Erzeugung des berechneten Wertes (in 7-Bit-Form) für das augenblickliche Pel 122 übertragen. Der Wert für das Pel 122 kann jetzt als berechneter Graustufenwert *B* für das vorhergehende Pel auf der gleichen Zeile zum Addierer 170 zurückübertragen werden, um den Wert des nächsten Pels 126 der Zeile zu berechnen. Der Wert für das Pel 122 wird außerdem an der entsprechenden Speicheradresse im RAM-Speicher 175 zwecks Berechnung der Graustufenwerte für die Pels der nächsten Zeile abgelegt. Da der berechnete Wert für das augenblickliche Pel 122 an der gleichen Adresse wie der berechnete Wert für das augenblickliche Pel 125 der vorhergehenden Zeile gespeichert ist, wird der RAM-Speicher 175 veranlaßt, den berechneten Wert für das Pel 175 als Wert *C* für die Berechnung des Pels 126 auszugeben, bevor der berechnete Wert für das Pel 122 gespeichert wird.

Der berechnete Wert für jedes Pel wird dann wiederum vom Teiler 174 dividiert, um einen rekonstruierten Graustufenwert im 6-Bit-Format für eine weitere Verarbeitung zu erzeugen. Dies ist zweckmäßig, damit der Graustufenwert jedes Pels mit seinem entsprechenden 6-Bit-Zitter-Bezugsschwellenwert verglichen werden kann.

Für die Pels an der linken und oberen Kante des Bildes beruhen die rekonstruierten Graustufenwerte auf 0-Werten für benachbarte Pels, da keine solcher Pels vorhanden sind. Der Fehler ist tolerierbar, da Informationen am Rande eines Dokuments selten wichtig sind. Die Zwischenspeicher 169, 176 und 177 führen zu

den entsprechenden Zeitpunkten Null-Werte ein. Der Zwischenspeicher 169 führt Null-Werte zum Addierer 170 während der Verarbeitung jedes ersten Pels jeder Abtastzeile. Der Zwischenspeicher 176 führt Null-Werte zum Addierer 178 während der Verarbeitung der gesamten ersten Abtastzeile des Originalbildes und während der Verarbeitung des ersten Pels jeder Abtastzeile. Der Zwischenspeicher 177 führt Null-Werte zum Addierer 178 während der Verarbeitung der gesamten ersten Abtastzeile des Originalbildes.

Gemäß Fig. 7 werden die rekonstruierten Graustufenwerte (in 6-Bit-Form) für die Pels von den Graustufendecodern 68 oder 168 im digitalen Komparator 65 mit zugeordneten, positionsabhängigen Bezugsschwellenwerten vom Zitter-Schwellenwertgenerator 66 zur Erzeugung eines Binärsignals verglichen, das angibt, ob die jeweiligen Pels als schwarze oder weiße Pels rekonstruiert werden sollen. Dieses rekonstruierte Zitter-Graustufen-Binärsignal wird dann über das ODER-Gatter 64 zusammen mit dem decodierten Detail-Binärsignal zwecks Überlagerung übertragen und zu einer konventionellen Zweitton-Bildreproduziereinrichtung gegeben.

Die rekonstruierten Graustufenwerte und die rekonstruierte Detail-Information werden zur Darstellung der jeweiligen Pels mittels der Verzögerungsschaltung 63 in der Empfangsschaltung 60 synchronisiert.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 3

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0 | 32 | 8 | 40 | 2 | 34 | 10 | 42 |
| 48 | 16 | 56 | 21 | 50 | 18 | 58 | 26 |
| 12 | 44 | 4 | 36 | 14 | 46 | 6 | 38 |
| 60 | 28 | 52 | 20 | 62 | 30 | 54 | 22 |
| 3 | 35 | 11 | 43 | 1 | 33 | 9 | 41 |
| 51 | 19 | 59 | 27 | 49 | 17 | 57 | 25 |
| 15 | 47 | 7 | 39 | 13 | 45 | 5 | 37 |
| 63 | 31 | 55 | 23 | 61 | 29 | 53 | 21 |

104

FIG. 4

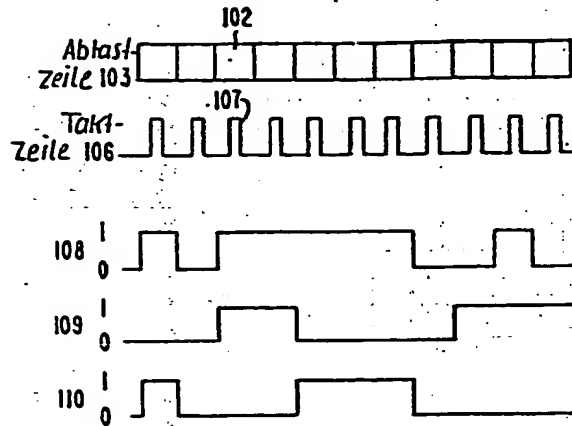


FIG. 5

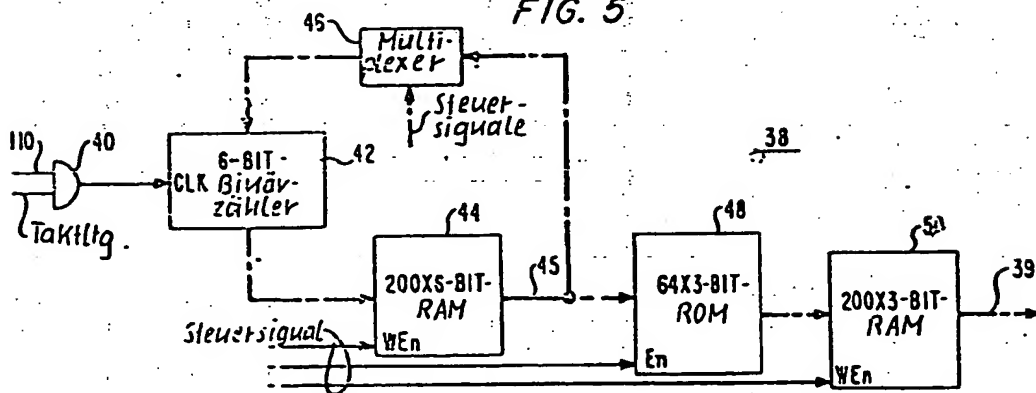


FIG. 6

| Zahl N d. schwarzen Pels in einem Block 104 | Zugeordneter Graupegel | Binärer Grau- pegel code |
|--|---------------------------|-----------------------------|
| 0-7 | 1 | 000 |
| 8-15 | 2 | 001 |
| 16-23 | 3 | 010 |
| 24-31 | 4 | 011 |
| 32-39 | 5 | 100 |
| 40-47 | 6 | 101 |
| 48-55 | 7 | 110 |
| 56-63 | 8 | 111 |

FIG. 7

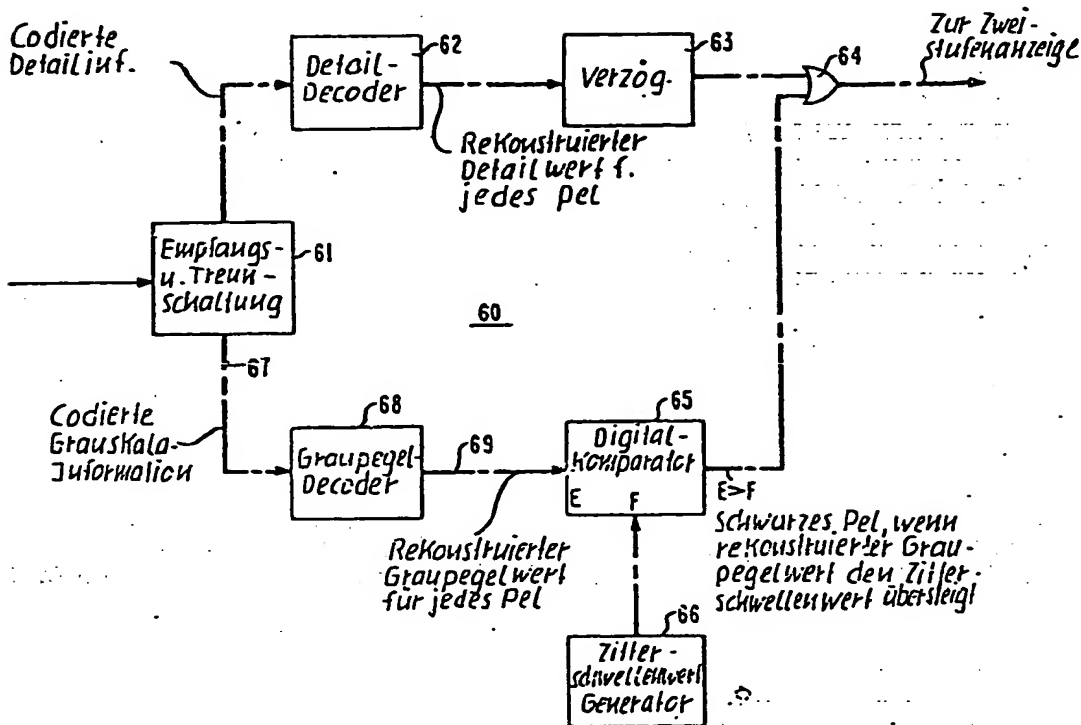


FIG. 9

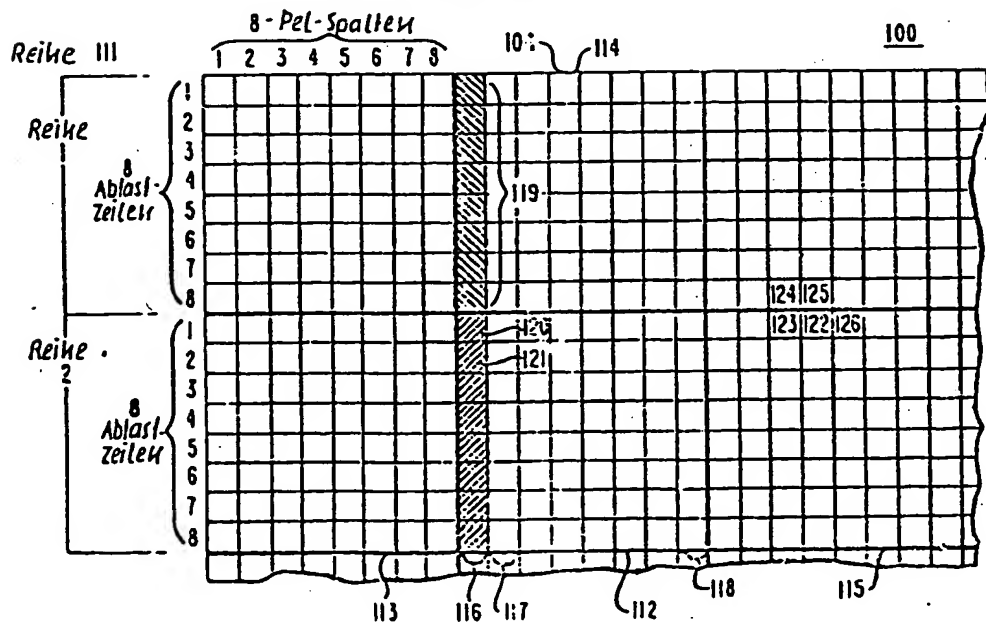
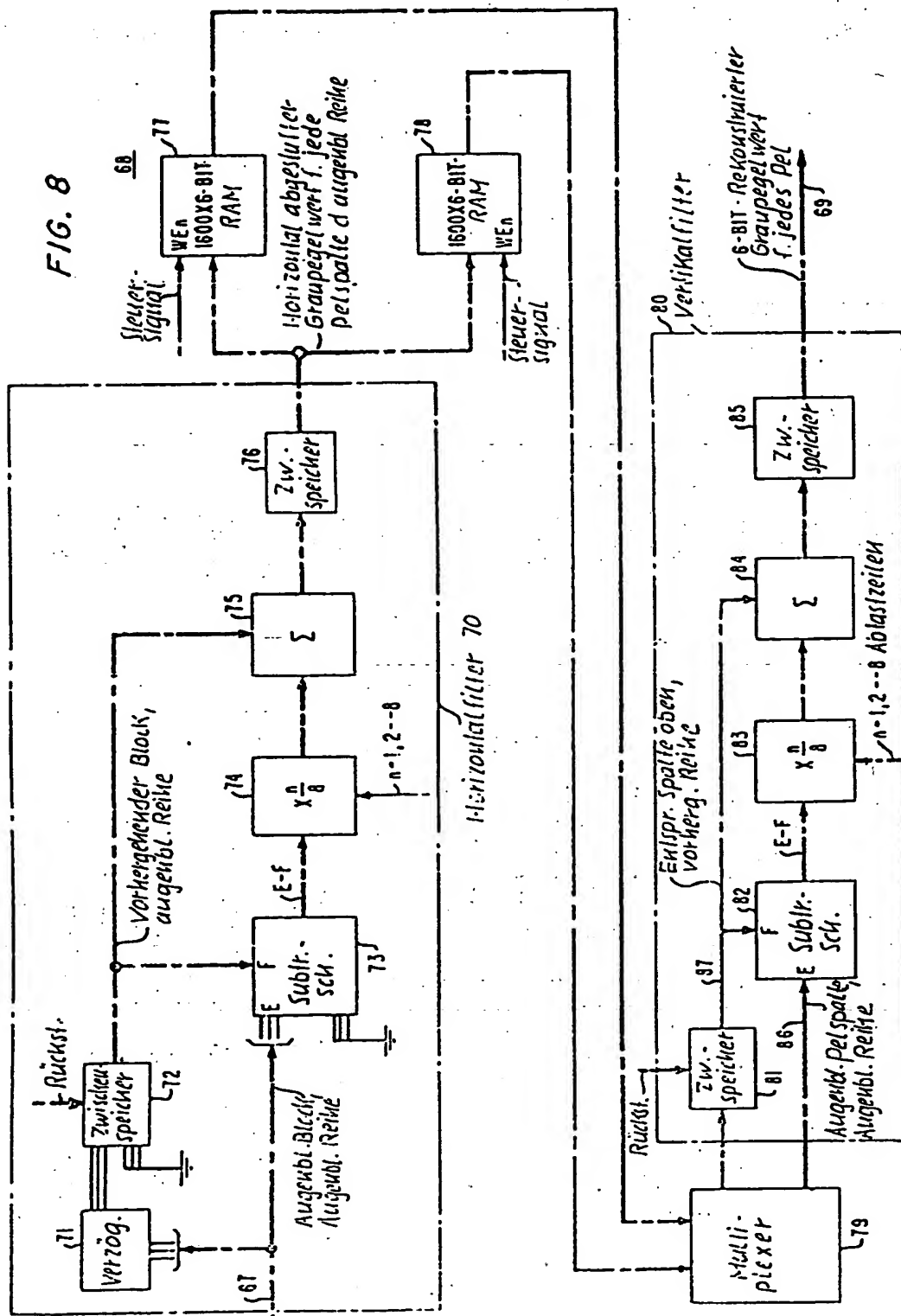


FIG. 8



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)